



Nagoya City University Academic Repository

学位の種類	博士（医学）
報告番号	甲第1726号
学位記番号	第1223号
氏名	中山 敬太
授与年月日	令和2年3月25日
学位論文の題名	<p>Advanced monoenergetic reconstruction technique in dual-energy computed tomography for evaluation of vascular anatomy before adrenal vein sampling (副腎静脈サンプリング前の血管解剖評価における advanced monoenergetic image の有用性の検討)</p> <p>Acta Radiologica, first published online: July 7, 2019</p>

論文内容の要旨

【目的】

原発性アルドステロン症は中年成人の二次性高血圧の最も一般的な原因であり、高血圧患者の 4.6~22%、もしくはさらに多くの高血圧患者に関連しているといわれている。

片側副腎のアルドステロン産生腺腫が原因である場合、手術適応となるため、副腎静脈サンプリングにて、片側病変か否か、片側の場合には左右の局在診断をすることは治療方針の決定に重要な役割を示す。

副腎静脈サンプリングの手技において、最も困難な技術的側面は副腎静脈、特に右副腎静脈の選択をすることである。そのため副腎静脈サンプリング前に、副腎静脈の解剖を把握することはとても重要である。なので、解剖を把握するための術前検査は非常に重要と考える。一方、近年開発された Dual energy CT における advanced monoenergetic image では、造影コントラストが増幅された画像を低ノイズで取得可能である。本研究では、副腎静脈サンプリング前の血管解剖評価における advanced monoenergetic image の有用性を検討した。

【方法】

対象は、原発性アルドステロン症に対する副腎静脈サンプリングが予定された 21 症例である。術前に Dual energy CT にて 3 相（非イオン性ヨード造影剤 300 製剤 100ml を 4mL/sec で右上肢より静注し、下行大動脈 CT 値が 150 HU に達した後、20 秒後、30 秒後、70 秒後に撮影）を撮影し、それぞれについて mixed 120 kVp 画像:standard image(SI)と advanced monoenergetic image(AMI)である 40keV 画像を作成した。右副腎静脈の描出について、客観的および主観的に評価した。客観的評価としては、signal-to-noise ratio(SNR)と contrast-to-noise ratio(CNR)を評価した。主観的な評価としては 2 名の放射線科診断専門医の合議により、右副腎静脈の見えやすさを 5 段階の視覚的評価 (1:poor - 5: excellent) を行った。さらに副腎静脈サンプリングの技術的成功率と手技時間も評価した。SPSS を用いて、ウィルコクソン符号順位検定にて、評価した。

【結果】

標準画像 SI の SNR(20 秒後 6.2 ± 3.3 [平均 \pm 標準偏差]; 30 秒後 5.9 ± 2.8 ; 70 秒後 6.5 ± 3.9)と AMI の SNR (20 秒後 7.2 ± 4.5 ; 30 秒後 7.5 ± 5.9 ; 70 秒後 7.6 ± 3.6)とに有意差はなかった($P=0.32, 0.19, 0.23$)。AMI の CNR(20 秒後 10.2 ± 6.9 ; 30 秒後 8.5 ± 6.7 ; 70 秒後 6.1 ± 4.0)は SI の CNR (20 秒後 4.8 ± 4.6 ; 30 秒後 3.6 ± 4.0 ; 70 秒後 2.4 ± 2.5)と比較し、有意に高かった($P < 0.001, 0.001, 0.001$)。主観的な評価でも AMI (20 秒後 4.8 ± 0.6 ; 30 秒後 4.3 ± 1.2 ; 70 秒後 3.6 ± 1.4)は SI (20 秒後 4.1 ± 1.1 ; 30 秒後 3.3 ± 1.4 ; 70 秒後 2.8 ± 1.2)と比較し、有意に高かった($P=0.002, 0.001, 0.002$)。右副腎静脈は AMI では 100%同定できたが、SI では 86% (18/21)しか同定できなかった ($P=0.08$)。副腎静脈サンプリングの技術的成功率は 95%(20/21)であった。処置時間は (中央値 103 分 : 59~197 分)であった。

【考察】

本研究では、副腎静脈サンプリング前の血管解剖の評価において、AMI が SI と比較し、客観的にも主観的にもより優れていることが分かった。以前の研究で、thin slice CT は副腎静脈サンプリング前の評価に有用だと報告されているが、その研究では右副腎静脈の検出率は 91.7%であるのに対して、本研究では、AMI においては 100%同定することができた。AMI によって、右副腎静脈をよりよく評価したことは、副腎静脈サンプリングの高い成功率に寄与したといえる。成功率は 95%であり、他の文献の成功率と変わらない成功率であった。

右副腎静脈のカテーテルでの選択が困難な理由の 1 つに副肝静脈の存在があげられる。共通幹で

あったり、近傍に存在したりすることにより、副肝静脈を選択してしまうことがある。手技中に CT および C アーム CT を使用することは副腎静脈サンプリング時にカテーテルが留置された静脈が、本当に正しい副腎静脈かどうかを確認するのに役立つと報告されているが、その評価をよりよくするためには術前に右副腎静脈や副肝静脈の解剖を適切に評価していることが重要であり、AMI の有用性があるといえる。AMI はノイズを減らし、CNR を改善する。また、低 keV の画像は造影剤の量を軽減することもできる。今後、造影剤量に関してはさらなる研究を計画する必要がある。本研究では過去の文献を参考にし、40keV の AMI を使用した。

リミテーションとしては、サンプルサイズの大きさ、患者の体重に関係なく一定量の造影剤量を使用したこと、客観的な画像評価における測定バイアス、右副腎静脈が小さいことにより十分な ROI を取ることができないことがあげられる。また、技術的な成功率に関しては AMI の有無での前向き比較研究が必要である。

【結論】

副腎静脈サンプリング前の血管解剖評価において、advanced monoenergetic image は右副腎静脈の描出能を上げるのに寄与するといえる。

論文審査の結果の要旨

【目的】

原発性アルドステロン症は中年成人の二次性高血圧の最も一般的な原因であり、高血圧患者の4.6~22%、もしくはさらに多くの高血圧患者に関連しているといわれている。

片側副腎のアルドステロン産生腺腫が原因である場合、手術適応となるため、副腎静脈サンプリングにて、片側病変か否か、片側の場合には左右の局在診断をすることは治療方針の決定に重要な役割を示す。

副腎静脈サンプリングの手技において、最も困難な技術的側面は副腎静脈、特に右副腎静脈の選択をすることである。そのため副腎静脈サンプリング前に、副腎静脈の解剖を把握することはとても重要である。なので、解剖を把握するための術前検査は非常に重要と考える。一方、近年開発されたDual energy CTにおけるadvanced monoenergetic imageでは、造影コントラストが増幅された画像を低ノイズで取得可能である。本研究では、副腎静脈サンプリング前の血管解剖評価におけるadvanced monoenergetic imageの有用性を検討した。

【方法】

対象は、原発性アルドステロン症に対する副腎静脈サンプリングが予定された21症例である。術前にDual energy CTにて3相（非イオン性ヨード造影剤300製剤100mlを4mL/secで右上肢より静注し、下行大動脈CT値が150 HUに達した後、20秒後、30秒後、70秒後に撮影）を撮影し、それぞれについてmixed 120 kVp画像:standard image(SI)とadvanced monoenergetic image(AMI)である40keV画像を作成した。右副腎静脈の描出について、客観的および主観的に評価した。客観的評価としては、signal-to-noise ratio(SNR)とcontrast-to-noise ratio(CNR)を評価した。主観的な評価としては2名の放射線科診断専門医の合議により、右副腎静脈の見えやすさを5段階の視覚的評価(1:poor - 5:excellent)を行った。さらに副腎静脈サンプリングの技術的成功率と手技時間も評価した。SPSSを用いて、ウィルコクソン符号順位検定にて、評価した。

【結果】

標準画像SIのSNR(20秒後 6.2 ± 3.3 [平均±標準偏差]; 30秒後 5.9 ± 2.8 ; 70秒後 6.5 ± 3.9)とAMIのSNR(20秒後 7.2 ± 4.5 ; 30秒後 7.5 ± 5.9 ; 70秒後 7.6 ± 3.6)とに有意差はなかった($P=0.32$ 、 0.19 、 0.23)。AMIのCNR(20秒後 10.2 ± 6.9 ; 30秒後 8.5 ± 6.7 ; 70秒後 6.1 ± 4.0)はSIのCNR(20秒後 4.8 ± 4.6 ; 30秒後 3.6 ± 4.0 ; 70秒後 2.4 ± 2.5)と比較し、有意に高かった($P < 0.001$ 、 0.001 、 0.001)。主観的な評価でもAMI(20秒後 4.8 ± 0.6 ; 30秒後 4.3 ± 1.2 ; 70秒後 3.6 ± 1.4)はSI(20秒後 4.1 ± 1.1 ; 30秒後 3.3 ± 1.4 ; 70秒後 2.8 ± 1.2)と比較し、有意に高かった($P=0.002$ 、 0.001 、 0.002)。右副腎静脈はAMIでは100%同定できたが、SIでは86%(18/21)しか同定できなかった($P=0.08$)。副腎静脈サンプリングの技術的成功率は95%(20/21)であった。処置時間は(中央値103分:59~197分)であった。

【考察】

本研究では、副腎静脈サンプリング前の血管解剖の評価において、AMIがSIと比較し、客観的にも主観的にもより優れていることが分かった。以前の研究で、thin slice CTは副腎静脈サンプリング前の評価に有用だと報告されているが、その研究では右副腎静脈の検出率は91.7%であるのに対して、本研究では、AMIにおいては100%同定することができた。AMIによって、右副腎静脈をよりよく評価したことは、副腎静脈サンプリングの高い成功率に寄与したといえる。成功率は95%であり、他

の文献の成功率と変わらない成功率であった。

右副腎静脈のカテーテルでの選択が困難な理由の1つに副肝静脈の存在があげられる。共通幹であったり、近傍に存在したりすることにより、副肝静脈を選択してしまうことがある。手技中にCTおよびCアームCTを使用することは副腎静脈サンプリング時にカテーテルが留置された静脈が、本当に正しい副腎静脈かどうかを確認するのに役立つと報告されているが、その評価をよりよくするために術前に右副腎静脈や副肝静脈の解剖を適切に評価していることが重要であり、AMIの有用性があるといえる。AMIはノイズを減らし、CNRを改善する。また、低keVの画像は造影剤の量を軽減することもできる。今後、造影剤量に関してはさらなる研究を計画する必要がある。本研究では過去の文献を参考にし、40keVのAMIを使用した。

リミテーションとしては、サンプルサイズの大きさ、患者の体重に関係なく一定量の造影剤量を使用したこと、客観的な画像評価における測定バイアス、右副腎静脈が小さいことにより十分なROIを取ることができないことがあげられる。また、技術的な成功率に関してはAMIの有無での前向き比較研究が必要である。

【結論】

副腎静脈サンプリング前の血管解剖評価において、advanced monoenergetic imageは右副腎静脈の描出能を上げるのに寄与するといえる。

【審査の内容】

上記の論文要旨が申請者より発表された後、主査の大手教授から、Dual energy CTは造影剤を使った時のみに有用か、またそのメリットは何か、副肝静脈には注目しなかったのか等の併せて計8項目の質問があった。第一副査の安井教授からは、この研究の中で自身が担当している部分はどこか、臨床試験を行うにあたっての必要な説明事項は、右副腎静脈に着目した理由は何かといった計8項目の質問があった。次に第二副査の三島教授より、文献上でのthin-slice CTの利点は何か、実際に除外した症例はあったか、ROIの設定の難しさについて等の、計9項目の質問があった。これらの質問に対して、ほぼ満足するべき回答が得られ、学位論文の主旨を十分理解していると判断した。

本研究は副腎静脈サンプリング前の血管解剖評価におけるadvanced monoenergetic imageの有用性の検討について報告し、臨床的に意義があると考えられる。よって本論文の筆頭著者は博士（医学）の学位を授与されるにふさわしいと判定された。

論文審査担当者 主査 大手 信之 副査 安井孝周 三島 晃